

PERBANDINGAN KINERJA ALAT PENGHEMAT BAHAN BAKAR DENGAN VARIASI *IGNITION TIMING* TERHADAP EMISI GAS BUANG KENDARAAN.

Dwi Fikri Ardiansyah

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Email: dwifikri272@students.unnes.ac.id

Wahyudi

Program Studi Pendidikan Teknik Otomotif, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang
Email: wahyudi@mail.unnes.ac.id

Abstrak

Kurang memadainya kendaraan umum menyebabkan masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi karena dinilai lebih efisien dalam mobilitasnya. Hal ini menimbulkan angka penggunaan kendaraan pribadi meningkat khususnya pengguna kendaraan roda dua. Semakin banyak jumlah kendaraan maka semakin banyak juga emisi gas buang yang dikeluarkan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perbandingan kinerja alat penghemat Bahan Bakar Minyak (BBM) dengan variasi *ignition timing* terhadap emisi gas buang kendaraan. Metode penelitian yang digunakan dengan pendekatan eksperimen. Penelitian ini menggunakan variasi pengujian penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power dengan variasi *ignition timing* 8°, 10°, 12° (standar), dan 14° pada motor Vario 125 cc Tahun 2012. Pengujian emisi gas buang menggunakan alat *Gas Analyzer* Heshbon HG-520. Hasil pengujian diperoleh data kadar emisi gas buang berupa CO dan HC. Hasil penelitian menunjukkan penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo di setiap variasi *timing* pengapian menunjukkan hasil emisi gas buang yang lebih baik daripada menggunakan alat penghemat BBM X-Power. Namun dengan memvariasikan *ignition timing* yang dimajukan maupun dimundurkan menghasilkan peningkatan emisi gas buang kendaraan. Penurunan emisi gas buang terbaik adalah menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo dengan *ignition timing* 12°. Persentase penurunan gas CO turun sebesar 72% dan gas HC turun sebesar 53% dibandingkan tanpa menggunakan alat penghemat BBM. Penggunaan alat penghemat BBM dengan *ignition timing* yang tepat menghasilkan emisi gas buang yang ramah lingkungan sesuai dengan ambang batas baku mutu emisi kendaraan roda dua di Indonesia.

Keywords: Alat Penghemat BBM, Ignition timing, dan Emisi Gas Buang

PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi semakin tahun mengalami peningkatan menimbulkan efek yang besar terhadap dunia teknologi di Indonesia khususnya dalam bidang otomotif. Kurang memadai nya kendaraan umum, menyebabkan masyarakat lebih memilih menggunakan kendaraan pribadi karena dinilai lebih efisien dalam mobilitas nya. Berdasarkan data dari Badan Pusat Statistik (BPS) Indonesia pada tahun 2022, pengguna kendaraan roda dua di Indonesia naik 4,35% dari tahun sebelumnya (Badan Pusat Statistik, 2022). Penggunaan kendaraan pribadi yang terus meningkat ini menimbulkan permasalahan yang cukup serius seperti kemacetan, meningkatnya kebutuhan bahan bakar minyak (BBM), pencemaran udara akibat asap kendaraan, dan angka kecelakaan yang tinggi.

Berdasarkan data dari Survei Perusahaan Migas dan Non Migas dalam BPS (2023), produksi minyak bumi mengalami penurunan tiap tahunnya. Penurunan ini mengartikan bahwa menipisnya persediaan cadangan minyak bumi. Jika produksi minyak bumi yang ada di Indonesia tidak mampu untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar minyak (BBM), maka yang terjadi pemerintah akan mencari solusi seperti impor dari luar untuk memenuhi kebutuhan minyak bumi yang ada di Indonesia. Maka dari itu perlu adanya teknologi terbarukan untuk menghemat BBM.

Penelitian dari Swami (2018) menyebutkan bahwa hampir 60% sampai 70% penyebab pencemaran udara didominasi oleh penggunaan kendaraan roda dua. Jika terhirup oleh manusia dapat mengalami gangguan pada kesehatan bahkan dapat menyebabkan kematian pada kadar tertentu dan dapat yang lebih buruk pemanasan global. Menurut penelitian dari Patel et al., (2014) emisi kendaraan roda dua yang berbahaya yakni terdiri dari CO dan HC.

Faktor yang menyebabkan kendaraan menghasilkan emisi yang buruk salah satunya akibat pembakaran tidak sempurna terjadi akibat bahan bakar yang tidak terurai terbakar pada proses pembakaran sehingga menghasilkan emisi gas yang buruk. Tolak ukur yang

mempengaruhi efisiensi pembakaran adalah perbandingan campuran oksigen dengan bahan bakar, temperatur pembakaran, dan kehomogenan campuran udara dan bahan bakar (Tenaya & Hardiana, 2011). Menurut penelitian dari Winoko et al., (2020) solusi dalam upaya mengurangi emisi gas buang dapat dilakukan dengan strategi pengontrolan emisi sebelum proses pembakaran berlangsung, saat proses pembakaran, dan strategi setelah proses pembakaran selesai. Pengontrolan sebelum pembakaran dapat dilakukan dengan memasang magnet di saluran bahan bakar sebelum injektor (Fatih & Saber, 2010). Selain itu, perlakuan sebelum proses pembakaran juga akan mempengaruhi efisiensi pembakaran yang dihasilkan (Jiang et al., 2024).

Magnet merupakan salah satu perangkat yang dapat dipasang pada saluran bahan bakar sebelum injektor dan berfungsi sebagai alat ionisasi sebelum masuk ke ruang bakar sehingga dapat lebih mudah mengikat oksigen, menghasilkan pembakaran yang lebih efisien serta mengurangi emisi (Fatih & Saber, 2010).

Magnet yang diterapkan di saluran bahan bakar mampu meningkatkan atomisasi, yaitu molekul hidrokarbon yang melewati magnet mampu membuat molekul terurai akibat efek dari medan magnet, hal ini menciptakan partikel menjadi lebih kecil sehingga mudah ditembus oleh oksigen sehingga proses pembakaran lebih baik (Faris et al., 2012). Produk magnet yang telah dijual di pasaran adalah produk alat penghemat BBM merk Femax Combo dan X-Power. Alat ini diklaim mampu menghemat konsumsi bahan bakar, meningkatkan performa mesin, dan dapat mengurangi emisi. Penghematan konsumsi bahan bakar juga mampu mengurangi emisi. Ketika kendaraan menggunakan bahan bakar secara lebih efisien, jumlah bahan bakar yang dibakar dalam proses pembakaran menjadi lebih sedikit, sehingga mengurangi volume gas buang yang dihasilkan.

Penelitian yang dilakukan Suparyanto (2013) penggunaan X-Power dengan memvariasikan campuran etanol dan bahan bakar premium pada motor supra x tahun 2009 mampu mengurangi kadar gas CO mencapai 0,75% dan gas HC mencapai 390 ppm. Penelitian lain yang

dilakukan oleh Pranoto (2016) membahas tentang penggunaan alat penghemat bahan bakar merk Femax Combo dengan alat penghemat BBM lainnya pada sepeda motor Supra X 125 Tahun 2007. Hasil dari penelitian tersebut menyatakan bahwa alat penghemat BBM memiliki pengaruh dalam penurunan emisi gas buang.

Penelitian yang lain menjelaskan bahwa sistem pengapian memiliki pengaruh terhadap emisi yang dikeluarkan oleh kendaraan. Hal tersebut karena perubahan *timing* pengapian menyebabkan perubahan waktu pembakaran, suhu, dan tekanan pada ruang bakar yang pada akhirnya mempengaruhi proses pembakaran dan emisi yang dihasilkan. Penelitian dari Surbakti & Immanuel, (2021) hasil penelitian emisi gas buang yang dihasilkan *Timing* pengapian 10° BTDC dengan bahan bakar pertamax menghasilkan emisi menurun dibandingkan *timing* pengapian yang lainnya dan bahan bakar premium. Hasil dari penelitian ini didapatkan karena nilai oktan pertamax lebih tinggi dibanding premium sehingga dihasilkan efisiensi pembakaran, dan pada saat pengapian sesuai dengan spesifikasi, dimana standar pengapian pada mesin ini terjadi pada 10° sebelum TMA.

Berdasarkan studi literatur yang telah ada, dapat kita ketahui bahwa penggunaan alat penghemat bahan bakar di saluran bahan bakar dan *ignition timing* dapat mempengaruhi emisi gas buang yang dikeluarkan dari kendaraan. Namun, belum terdapat adanya penelitian yang membahas secara komprehensif mengkaji interaksi antara kedua faktor ini secara bersamaan. Berdasarkan permasalahan tersebut maka peneliti ingin meneliti mengenai perbandingan kinerja dari berbagai alat penghemat bahan BBM Femax Combo dan X-Power dengan variasi *ignition timing* terhadap emisi gas buang kendaraan.

METODE

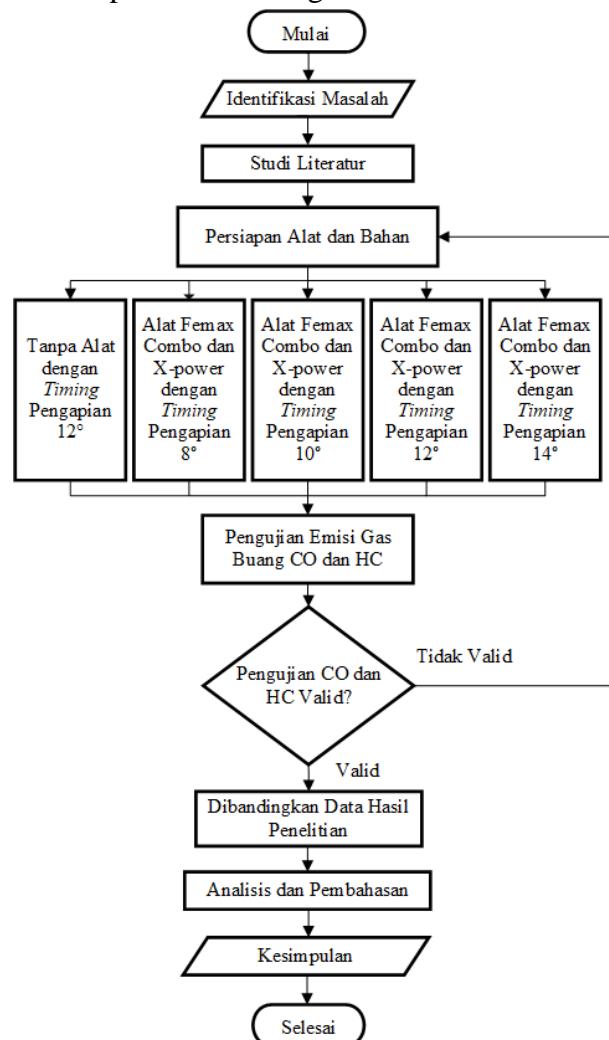
Penelitian ini menggunakan metode eksperimental dan merupakan penelitian kuantitatif. Terdapat perbedaan perlakuan yang diberikan terhadap objek penelitian untuk

mendapatkan hasil yang diharapkan, perbedaan tersebut dilakukan dengan membandingkan pengujian sebelum dilakukan perlakuan dengan sesudah dilakukan perlakuan.

Variabel bebas yang digunakan dalam penelitian ini yaitu penggunaan alat penghemat BBM merk Femax Combo dan X-Power dengan variasi *ignition timing*. Variabel terikat dalam penelitian ini yaitu pengujian emisi CO dan HC. Variabel yang akan dikontrol dalam penelitian ini adalah :

1. 1 unit vario 125cc Tahun 2012
2. Putaran mesin *idle* 1800 rpm
3. Temperatur mesin saat bekerja 80-90 °C.
4. Bahan bakar Pertamax dengan RON 92.
5. Pengujian dilakukan sebanyak 3 (tiga) kali.

Alur penelitian ini digambarkan berikut ini.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

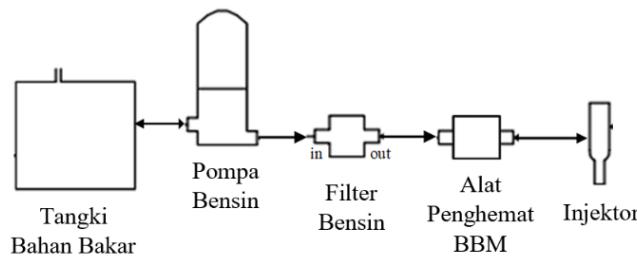


(a)

(b)

Gambar 2. (a) Femax Combo (b) X-Power

Pemasangan alat penghemat BBM Femax Combo dipasang langsung pada selang dan dekat pada injektor sedangkan X-Power membutuhkan sambungan nepel untuk mempermudah proses penyambungan selang bahan bakar dengan alat X-Power menuju ke injektor.

**Gambar 3. Skema pemasangan alat penghemat BBM**

Ignition timing yang digunakan pada penelitian ini antara lain 8° , 10° , 12° (standar), dan 14° . Perubahan *ignition timing* berpengaruh terhadap mulainya proses pembakaran di ruang bakar. Pada penelitian ini menggunakan ECU *programmable* untuk merubah *ignition timing* secara *real time* tanpa merubah parameter yang lainnya. Proses perubahan *ignition timing* atau *remapping* membutuhkan alat T-BOX yang terhubung langsung dengan ECU *programmable* dan Software Juken 5 Plus untuk melakukan perubahan *ignition timing*, kemudian file mengirim dan terbaca oleh ECU *programmable*.

**Gambar 4. ECU programmable****Gambar 5. Software Juken 5 Plus****Gambar 6. Skema pemasangan gas analyzer**

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan berhasil diperoleh data pengujian jumlah kandungan karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) pada tabel 1, tabel 2, dan tabel 3.

Tabel 1. Hasil rata-rata pengujian CO dan HC tanpa alat penghemat BBM

Pengujian	Hasil Uji Emisi	
	CO (%)	HC (ppm)
ECU Standar	0,94	244
ECU Programmable	0,81	203

Tabel 2. Hasil rata-rata pengujian CO dan HC dengan alat penghemat BBM Femax Combo

Pengujian	Hasil Uji Emisi	
	CO (%)	HC (ppm)
Femax Combo dan <i>Timing</i> Pengapian 8°	0,99	259
Femax Combo dan <i>Timing</i> Pengapian 10°	0,55	177
Femax Combo dan <i>Timing</i> Pengapian 12°	0,47	132
Femax Combo dan <i>Timing</i> Pengapian 14°	0,88	198

Tabel 3. Hasil rata-rata pengujian CO dan HC dengan alat penghemat BBM X-Power

Pengujian	Hasil Uji Emisi	
	CO (%)	HC (ppm)
X-Power dan <i>Timing Pengapian 8°</i>	1,14	279
X-Power dan <i>Timing Pengapian 10°</i>	0,61	188
X-Power dan <i>Timing Pengapian 12°</i>	0,49	145
X-Power dan <i>Timing Pengapian 14°</i>	0,96	211

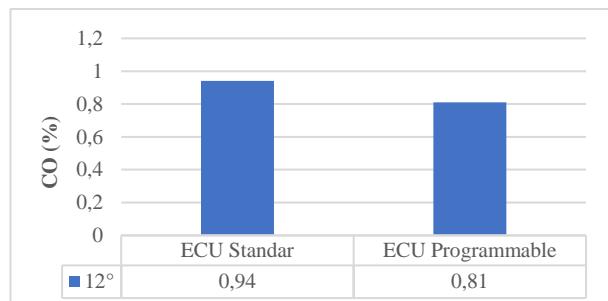
Keterangan:

Regulasi emisi kendaraan roda dua di bawah tahun 2016 gas CO sebesar 4% dan HC sebesar 1800 ppm sesuai Peraturan Menteri No. 08 Tahun 2023.

Data dalam tabel 1, tabel 2, dan tabel 3 menunjukkan hasil rata-rata dari 3 kali pengujian kadar karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC). Unsur emisi gas buang karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon (HC) mengalami perubahan antara sebelum dan sesudah menggunakan alat penghemat BBM dengan variasi *igniton timing*.

Pengaruh ECU standar dengan ECU Programmable terhadap emisi gas buang

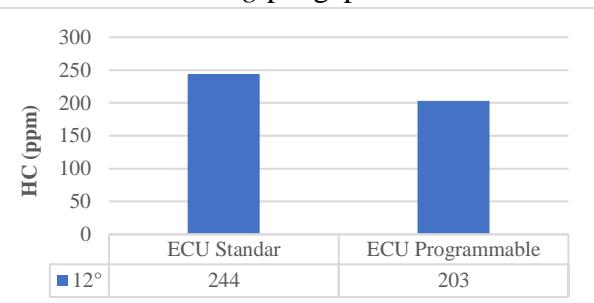
Berikut data hasil pengujian kadar gas emisi CO dan HC tanpa menggunakan alat penghemat BBM.



Gambar 7. Grafik rata-rata hasil uji emisi CO pada timing pengapian 12° (standar)

Gambar 7 menunjukkan adanya penurunan kadar karbon monoksida (CO) pada emisi gas buang, penurunan terjadi di setiap rentang putaran mesin yang diuji. Penurunan tersebut disebabkan adanya pengaruh dari penggunaan jenis ECU yang diujikan. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar CO lebih efektif ketika menggunakan ECU programmable.

Kadar CO ketika putaran mesin dalam kondisi *idle* pada 1800 rpm menggunakan ECU standar sebesar 0,94% dan ECU programmable sebesar 0,81%. Kadar gas CO turun sebesar 16% ketika menggunakan ECU programmable daripada ketika menggunakan ECU standar. Penggunaan ECU programmable pada penelitian ini tidak melakukan perubahan apapun kecuali memvariasikan *timing* pengapian.



Gambar 8. Grafik rata-rata hasil uji emisi HC pada timing pengapian 12° (standar)

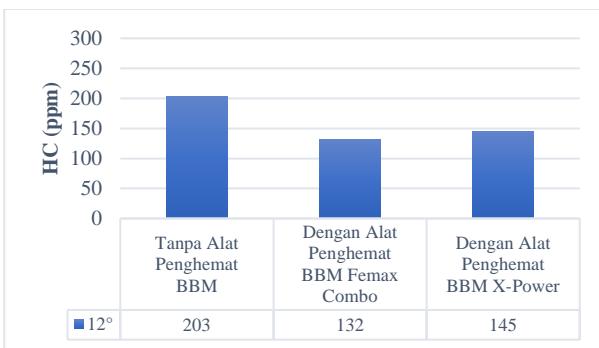
Gambar 8 menunjukkan adanya penurunan kadar hidrokarbon (HC) pada emisi gas buang. Penurunan tersebut disebabkan adanya pengaruh dari penggunaan antara ECU standar dan ECU programmable. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar gas HC lebih efektif ketika menggunakan ECU programmable. Kadar gas HC ketika putaran mesin dalam kondisi *idle* pada 1800 rpm menggunakan ECU standar sebesar 244 ppm dan dengan ECU programmable sebesar 203 ppm. Kadar gas HC turun sebesar 20% ketika menggunakan ECU programmable daripada ketika menggunakan ECU standar. Sehingga kadar gas HC yang dihasilkan menggunakan ECU programmable lebih baik daripada ECU standar.

Perbedaan Emisi Gas Buang tanpa dan dengan Alat Penghemat BBM

Berikut data hasil pengujian kadar gas emisi CO dan HC dengan menggunakan alat penghemat BBM.



Gambar 9. Grafik Rata-rata Hasil Uji Emisi CO Tanpa dan Dengan Alat Penghemat BBM



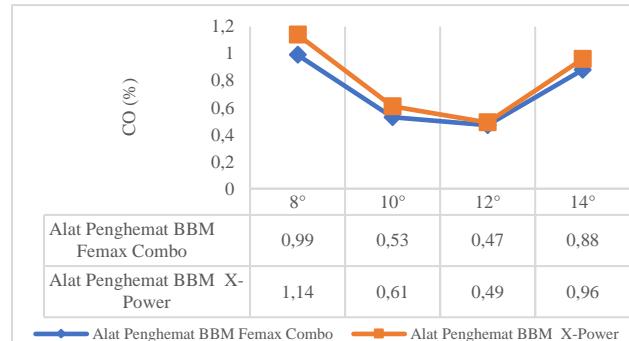
Gambar 10. Grafik Rata-rata Hasil Uji Emisi HC Tanpa dan Dengan Alat Penghemat BBM

Gambar 9 dan 10 menunjukkan hasil dari pengujian emisi gas buang yang dihasilkan oleh kendaraan dengan membandingkan penggunaan alat penghemat BBM merk Femax Combo, X-Power, dan tanpa alat penghemat BBM pada *timing* pengapian 12° (standar) dengan menggunakan *ECU programmable*. Persentase penurunan dengan alat penghemat BBM Femax Combo diperoleh hasil gas CO sebesar 72% dan HC sebesar 53% dibandingkan tanpa penggunaan alat penghemat BBM. Kemudian persentase penurunan dengan alat penghemat BBM X-Power diperoleh hasil gas CO sebesar 65% dan HC sebesar 40% dibandingkan tanpa penggunaan alat penghemat BBM.

Perbandingan Alat Penghemat BBM dengan Variasi Timing Pengapian terhadap Emisi Gas Buang

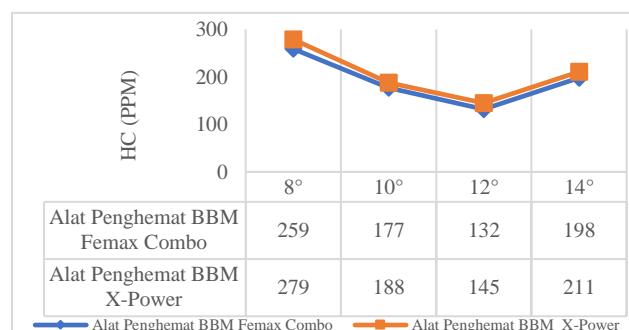
Data hasil pengujian digunakan untuk melihat pengaruh dari penggunaan alat penghemat BBM

ketika mesin dalam kondisi putaran mesin *idle*. Berikut adalah data hasil pengujian kadar gas CO dan HC.



Gambar 11. Grafik rata-rata hasil uji emisi gas buang berupa CO

Grafik dalam gambar 11 menunjukkan adanya pengaruh penggunaan alat penghemat BBM terhadap kadar karbon monoksida (CO), penurunan terjadi ketika menggunakan *timing* pengapian 12° (standar). Penurunan tersebut disebabkan adanya pengaruh dari penggunaan alat penghemat BBM dengan *timing* pengapian yang tepat. Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar CO lebih efektif ketika menggunakan alat penghemat BBM merk Femax Combo daripada alat penghemat BBM merk X-Power.



Gambar 12. Grafik rata-rata hasil uji emisi gas buang berupa HC

Grafik dalam gambar 12 menunjukkan adanya pengaruh penggunaan alat penghemat BBM terhadap kadar hidrokarbon (HC) pada emisi gas buang, penurunan terjadi menggunakan alat penghemat BBM dengan *timing* pengapian 12° (standar). Hasil pengujian menunjukkan penurunan kadar HC lebih efektif ketika menggunakan alat penghemat BBM merk

Femax Combo daripada menggunakan alat penghemat BBM merk X-Power.

Perbandingan alat penghemat BBM terhadap Emisi Gas Buang CO

Gambar 7 dan 8 menunjukkan pengujian pada mesin kondisi standar tanpa menggunakan alat penghemat BBM dengan *timing* pengapian 12° (standar), emisi gas CO yang dihasilkan sebesar 0,81% dan HC sebesar 203 ppm. Penggunaan alat penghemat BBM merk Femax dan X-Power mampu mereduksi emisi gas CO menjadi 0,47% dan 0,49%, sedangkan HC menjadi 132 ppm dan 145 ppm.

Gambar 9 menunjukkan adanya perbedaan penggunaan alat penghemat BBM merk Femax Combo dan X-Power dengan membandingkan tanpa menggunakan alat. Penggunaan alat penghemat BBM yang bekerja dengan resonansi induksi medan magnet mampu memberikan dampak yang positif terhadap emisi gas buang. Hal ini terjadi akibat adanya ionisasi sebelum masuk ke ruang bakar, molekul hidrokarbon yang semula bersifat siklis (tertutup) menjadi alifatik (terbuka), sehingga memudahkan pengikatan oksigen di ruang bakar.

Penggunaan alat penghemat BBM yang bekerja menggunakan magnet permanen mampu mengubah struktur molekul bahan bakar, campuran bahan bakar dengan udara lebih mudah terbakar dan meningkatkan efisiensi pembakaran. Dengan menggunakan magnet di saluran bahan bakar, struktur molekul bahan bakar menjadi lebih reaktif terhadap oksigen sehingga efisiensi pembakaran lebih maksimal (Sudarsono, 2005). Penggunaan alat penghemat BBM meningkatkan efisiensi termal, yang dapat menghasilkan peningkatan tenaga dan akselerasi serta pengurangan kadar gas polutan CO.

Gambar 11 menunjukkan perbedaan selisih hasil emisi gas buang CO pada saat penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power di setiap pengujian. Pada saat *timing* pengapian dimajukan menjadi 14° dengan menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power memiliki selisih perbedaan yakni 0,08%. Namun ketika penggunaan alat penghemat BBM dengan *timing* pengapian 12° (standar), memiliki selisih perbedaan CO

sebesar 0,02%. Kemudian ketika *timing* pengapian dimundurkan menjadi 10° , selisih yang dihasilkan dari kedua alat penghemat BBM yaitu 0,08%. Sedangkan saat *timing* pengapian dimundurkan lagi menjadi 8° , hasil emisi CO yang dihasilkan dari kedua alat penghemat BBM memiliki selisih 0,15%.

Hal tersebut terjadi akibat kondisi mesin seperti suhu, rasio kompresi, dan bahan bakar yang sudah sesuai dengan spesifikasi mesin, memungkinkan sudah mencapai tingkat efisiensi tertentu dalam pembakaran. Dalam beberapa kasus, mesin yang sudah diatur dengan baik untuk bahan bakar tertentu mungkin tidak mendapat manfaat besar dari perubahan kuat medan magnet karena pengaruh dari parameter mesin lainnya sudah lebih dominan. Selaras dengan penelitian yang dilakukan oleh (Faris et al., 2012) peningkatan kuat medan magnet yang dipasang di saluran bahan bakar pada internal combustion menunjukkan penurunan emisi CO dan HC, namun saat diberikan kuat medan magnet yang maksimal penurunan emisi CO dan HC tidak signifikan dibanding dengan medan magnet yang lain. Ini berarti bahwa setelah mencapai titik tertentu, setiap peningkatan kuat medan magnet lebih lanjut memberikan peningkatan yang semakin kecil dalam efisiensi pembakaran. Hal ini bisa menjelaskan bahwa kekuatan medan magnet memiliki keterbatasan dalam efisiensi proses pembakaran.

Faktor lain yang menyebabkan perbedaan selisih emisi CO terjadi akibat suhu lingkungan yang tidak dikontrol menyebabkan nilai dari pengujian emisi CO dari setiap pengujian menjadi fluktuatif. Suhu yang lebih tinggi akan menurunkan densitas udara, sehingga mengurangi jumlah oksigen yang tersedia untuk proses pembakaran. Kurangnya oksigen dapat menyebabkan pembakaran tidak sempurna dan peningkatan emisi CO. Faktor lain yang menyebabkan selisih perbedaan hasil pengujian emisi CO adalah faktor suhu mesin yang disebabkan perubahan *timing* pengapian. Menurut Yusuf & Sutrisno, (2018) suhu mesin saat meningkat menyebabkan kerapatan udara berkurang, kandungan oksigen yang masuk ke ruang bakar semakin sedikit sehingga campuran

bahan bakar dengan udara lebih banyak bahan bakar dan tidak terbakar dengan sempurna.

Faktor suhu juga mempengaruhi kekuatan medan magnet. Saat memvariasikan *timing* pengapian dimajukan suhu mesin mengalami kenaikan, hal tersebut mempengaruhi suhu magnet yang dipasang pada saluran bahan bakar dekat dengan mesin sehingga kekuatan magnet melemah. *Timing* pengapian yang dimundurkan menjadi 8° memiliki selisih sekitar 0,08%. Ketika *timing* pengapian dimundurkan lebih jauh, selisih ini meningkat menjadi 0,15%. Peningkatan selisih ini menunjukkan bahwa efek perbaikan dari medan magnet lebih signifikan ketika *timing* pengapian dimundurkan lebih jauh. Dengan demikian, magnet yang lebih kuat membantu mengkompensasi kekurangan pembakaran yang terjadi akibat mundurnya pengapian, yang secara keseluruhan menghasilkan penurunan emisi CO.

Perbandingan Alat Penghemat BBM terhadap Emisi Gas Buang HC

Penurunan emisi gas polutan HC dengan penggunaan alat penghemat BBM akan merubah molekul bahan bakar menjadi ion positif menjadikan bahan bakar mempunyai kekuatan penuh untuk mengikat oksigen dari udara sehingga dapat menyerap oksigen lebih sempurna. Hal ini menyebabkan terjadi efisiensi thermal yang dapat menghasilkan peningkatan tenaga dan akselerasi serta mengurangi kadar gas polutan HC dengan lebih baik lagi dibandingkan tanpa penggunaan alat penghemat BBM.

Gambar 12 menunjukkan perbedaan selisih hasil emisi gas buang HC pada saat penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power di setiap pengujian. Pada saat *timing* pengapian dimajukan menjadi 14° dengan menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power memiliki selisih perbedaan yakni 13 ppm. Kemudian saat penggunaan alat penghemat BBM dengan *timing* pengapian 12° (standar), memiliki selisih perbedaan HC yang sama 13 ppm. Ketika *timing* pengapian dimundurkan menjadi 10° , selisih yang dihasilkan dari kedua alat penghemat BBM yaitu

11 ppm. Sedangkan saat *timing* pengapian dimundurkan lagi menjadi 8° , hasil emisi CO yang dihasilkan dari kedua alat penghemat BBM memiliki selisih 20 ppm.

Jika dilihat selisih dari kedua penggunaan alat penghemat BBM pada tiap variasi *timing* pengapian yang konstan. Hal tersebut menunjukkan bahwa alat penghemat BBM yang bekerja menggunakan magnet permanen mampu mempengaruhi efisiensi pembakaran, tetapi tidak terlalu signifikan di kondisi pengapian yang lebih optimal. Ini mungkin karena pada *timing* pengapian standar, mesin sudah bekerja dalam kondisi yang hampir ideal, pembakaran bahan bakar sudah cukup efisien meskipun tanpa pengaruh besar dari alat penghemat BBM.

Namun pada variasi *timing* pengapian 8° terjadi peningkatan selisih menjadi 20 ppm. Meskipun pengapian yang lebih lambat menghasilkan pembakaran yang kurang efisien, alat penghemat BBM Femax Combo mampu menghasilkan emisi yang rendah dibanding alat penghemat BBM X-Power. Hal tersebut terjadi karena Femax Combo memiliki kuat medan magnet yang lebih kuat sehingga dapat meningkatkan hasil pembakaran. Kekuatan medan magnet yang lebih tinggi, mampu meningkatkan ionisasi campuran bahan bakar, sehingga meningkatkan homogenitas campuran udara dan bahan bakar (Mara et al., 2018).

Kinerja Terbaik Alat Penghemat BBM dengan Timing Pengapian terhadap Emisi Gas Buang

Pada gambar 9 dan gambar 10 menunjukkan pengaruh penggunaan alat penghemat BBM dengan variasi *timing* pengapian terhadap emisi gas CO dan HC. Penurunan terbaik diperoleh menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo dengan variasi *timing* pengapian 12° . Hasil dari pengujian emisi gas CO sebesar 0,47% sedangkan HC diperoleh sebesar 132 ppm dengan menggunakan alat Femax Combo saat *timing* pengapian 12° . Persentase penurunan gas CO diperoleh sebesar 72% sedangkan HC sebesar 53% dibandingkan tanpa alat penghemat BBM.

Pengaruh Ignition Timing Dimajukan Terhadap Emisi Gas Buang

Ada beberapa aspek yang mempengaruhi emisi gas buang pada sepeda motor. Salah satu aspek yang mempengaruhi adalah pada sistem pengapian. Saat pengujian pada mesin kondisi standar, perubahan *timing* pengapian dimajukan mendapatkan hasil emisi gas buang yang masih di bawah ambang batas emisi gas buang CO dan HC. Emisi gas pada *timing* pengapian yang dimajukan menjadi 14° dengan menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo mengalami peningkatan CO sebesar 46% dan HC sebesar 33% dari *timing* pengapian 12° (standar). Penggunaan alat penghemat BBM X-Power juga mengalami peningkatan saat *timing* pengapian 14° diperoleh hasil gas CO sebanyak 48% dan HC sebanyak 31% dari *timing* pengapian 12° (standar). Hasil yang diperoleh menggunakan *timing* pengapian dimajukan menghasilkan CO dan HC yang meningkat dari *timing* pengapian 12° (standar).

Jika *timing* pengapian terlalu maju membuat campuran bahan bakar dan udara terlalu cepat terbakar sebelum piston mencapai titik mati atas pada langkah akhir kompresi. Menurut Arifiyanto et al., (2020) saat *timing* pengapian dimajukan, hidrokarbon yang belum terbakar terlalu banyak akibat pembakaran yang lebih cepat. Bensin yang belum terbakar akan terbuang melalui outlet gas buang mesin dan mengandung emisi HC yang keluar melalui knalpot. Menurut (Arifiyanto et al., 2020) dengan memajukan *timing* pengapian akan menghasilkan emisi gas CO dan HC yang meningkat.

Timing pengapian yang dimajukan artinya percikan dari busi memulai pembakaran jauh sebelum piston mencapai TDC. Akibatnya, tekanan dan suhu gas hasil pembakaran meningkat saat piston masih bergerak ke TMA (Zareei & Kakaee, 2013). Karena pembakaran sudah terjadi sebelum TDC, tekanan dari gas hasil pembakaran menekan piston yang masih bergerak ke atas. Hal ini menciptakan beban balik yang menghambat gerakan piston, yang dapat menyebabkan inefisiensi dan kerusakan. Tekanan puncak dalam silinder, yang

seharusnya terjadi setelah TDC untuk mendorong piston ke bawah, terjadi sebelum TDC. Tekanan yang lebih tinggi mendorong campuran bahan bakar-udara ke dalam celah-celah (terutama ruang antara dinding silinder dan mahkota piston), di mana nyala api padam dan campuran bahan bakar dengan udara tidak terbakar sempurna. Selain itu, saat campuran keluar dari celah-celah ini di akhir siklus, suhu pengapian menjadi lebih rendah. Dengan suhu yang lebih lambat, hidrokarbon dan oksigen tidak bereaksi. Akibatnya, konsentrasi oksigen dan bensin yang tidak terbakar akan dibuang melalui outlet gas buang mesin (Zareei & Kakaee, 2013).

Pada penelitian ini dilakukan perubahan *timing* pengapian dimajukan menjadi 14° dimana hasil yang diperoleh emisi HC meningkat. Hal ini terjadi akibat puncak tekanan saat proses pembakaran terjadi sebelum TMA sehingga tekanan balik terjadi menyebabkan HC meningkat (Muhib et al., 2020). Peneliti menemukan beberapa temuan ketika pengapian dimajukan, pada saat kondisi mesin pada putaran *idle* mengalami kenaikan putaran mesin. Jika *timing* pengapian dimajukan 2° dari standarnya, belum terjadi detonasi atau *knocking* pada kondisi putaran mesin *idle*.

Pengaruh Ignition Timing Dimundurkan Terhadap Emisi Gas Buang

Perubahan *timing* pengapian dimundurkan menyebabkan adanya pengaruh terhadap emisi gas buang. Dari penelitian yang telah dilakukan, pada gambar 9 pada *timing* pengapian yang dimundurkan menjadi 10° emisi gas buang CO dan HC mengalami peningkatan. Pada penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo saat *timing* pengapian 10° kadar gas CO naik sebanyak 11,3% dan HC naik sebanyak 24% dari penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dengan *timing* pengapian 12°(standar). Pada penggunaan alat penghemat BBM X-Power saat *timing* pengapian 10° kadar gas CO naik sebanyak 19% dan HC naik sebanyak 22% dari penggunaan alat penghemat BBM X-Power dengan *timing* pengapian 12°(standar).

Pada gambar 10 *timing* pengapian dimundurkan lagi menjadi 8° dengan menggunakan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power. Persentase kenaikan gas CO pada penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power mencapai 52% dan 57%. Angka tersebut paling besar dibandingkan hasil dari *timing* pengapian yang lainnya. *Timing* pengapian yang dimundurkan menjadi 8° menyebabkan HC yang dihasilkan lebih besar. Persentase kenaikan gas HC pada penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo dan X-Power saat *timing* pengapian 8° mencapai 49% dan 48%.

Timing pengapian yang dimundurkan menyebabkan tekanan pembakaran yang lebih rendah dan puncak tekanan terjadi jauh setelah TMA. Akibatnya, output mesin menurun, bahan bakar lebih boros, emisi kendaraan meningkat (Yunianto, 2012). Jika *timing* pengapian terlalu mundur akan mengakibatkan waktu pembakaran yang lambat (*ignition delay*) terlalu lama untuk membakar campuran bahan bakar dengan udara di ruang bakar sehingga pembakaran kurang lengkap. *Timing* pengapian menyebabkan puncak tekanan saat proses pembakaran terjadi jauh setelah TMA sehingga gas CO dan HC yang dihasilkan lebih tinggi (Muhiith et al., 2020). Menurut Fitrina dalam penelitian Arifiyanto et al., (2020) *timing* pengapian yang dimundurkan cenderung akan semakin meningkatkan emisi gas buang CO. Campuran udara dengan bahan bakar yang tidak terbakar sepenuhnya hingga piston bergerak turun pada langkah ekspansi, tekanan akan menurun yang disebabkan karena waktu pengapian yang kurang maju. Penurunan suhu puncak dalam silinder yang mengurangi efisiensi pembakaran, sehingga lebih banyak CO yang dihasilkan.

Menurut Gunadi (2010) dalam kutipan Arifiyanto et al., (2020) dengan memundurkan *timing* pengapian, akan membuat kadar HC menurun, namun bila terlalu mundur dapat menyebabkan kandungan HC meningkat. Penundaan waktu pengapian juga meningkatkan emisi HC. Ini terjadi karena penundaan pengapian memperpanjang waktu penundaan pembakaran, yang menyebabkan campuran bahan bakar dan udara menjadi terlalu encer

untuk terbakar sepenuhnya, menghasilkan lebih banyak HC yang tidak terbakar. Peningkatan penundaan pengapian memberikan waktu untuk penguapan bahan bakar dan mengurangi ketidakhomogenan dalam campuran reaktan sehingga menghasilkan CO dan HC yang meningkat secara signifikan (Zehni et al., 2017).

Pada saat *timing* pengapian dimundurkan, mesin pada putaran *idle* mengalami penurunan setiap *timing* pengapian dimundurkan dan untuk mendapatkan suhu yang maksimal membutuhkan waktu yang cukup lama sehingga mengakibatkan kadar HC meningkat. Jika *timing* pengapian terlalu mundur dapat menyebabkan mesin tidak bisa dihidupkan.

KESIMPULAN

Berdasarkan deskripsi data yang diperoleh dari hasil penelitian, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil pengujian menunjukkan adanya perbedaan antara perbandingan kinerja alat penghemat BBM merk Femax Combo dan X-Power dengan variasi *timing* pengapian terhadap emisi gas buang kendaraan. Pada *timing* pengapian 12° , penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo lebih baik dibanding penggunaan alat penghemat BBM X-Power terhadap penurunan emisi gas buang CO dan HC. Namun pada kondisi *timing* pengapian dimajukan dan dimundurkan emisi gas CO dan HC lebih meningkat. Penggunaan alat penghemat BBM Femax Combo di setiap variasi *timing* pengapian menunjukkan penurunan emisi gas buang yang baik daripada menggunakan alat penghemat BBM X-Power.
2. Kinerja terbaik penggunaan alat penghemat BBM dengan menggunakan Femax Combo serta *timing* pengapian 12° mampu mengurangi emisi gas buang CO sebesar 72% dan HC sebesar 53%.
3. Berdasarkan hasil pengujian menunjukkan bahwa penggunaan alat penghemat BBM merk Femax dan X-Power mampu mengurangi emisi gas CO dan HC dibandingkan tanpa menggunakan alat penghemat BBM pada *timing* pengapian 12° .

Saran yang dapat diberikan penulis berdasarkan hasil penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Penggunaan alat penghemat BBM merk Femax Combo akan lebih efektif digunakan dengan menggunakan *timing* pengapian 12° atau standar sesuai dengan spesifikasi mesin motor Vario 125 cc Tahun 2012 sehingga dapat menurunkan emisi gas buang yang dikeluarkan.
2. Penggunaan alat penghemat BBM akan lebih efektif digunakan dengan memperhatikan besarnya kuat medan magnet pada alat penghemat BBM yang akan dipasang. Perawatan berkala perlu dilakukan terhadap penggunaan alat penghemat BBM X-Power dengan membersihkan bagian dalam dan jalur saluran BBM agar tetap bersih dari kotoran hidrokarbon.

REFERENSI

- Arifiyanto, D., Marji, & Irdianto, W. (2020). Pengaruh Perubahan Ignition Timing dan Tekanan Kompresi Terhadap Emisi HC dan CO Pada Sepeda Motor Type Mesin SOHC 150CC Injeksi. *Jurnal Teknik Otomotif Kajian Keilmuan Dan Pengajaran*, 4(2), 7–14.
- Badan Pusat Statistik. (2023). *Statistik Indonesia 2023* (Vol. 1101001). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/publication/2020/04/29/e9011b3155d45d70823c141f/statistik-indonesia-2020.html>
- Faris, A. S., Al-Naseri, S. K., Jamal, N., Isse, R., Abed, M., Fouad, Z., Kazim, A., Reheem, N., Chaloob, A., Mohammad, H., Jasim, H., Sadeq, J., Salim, A., & Abas, A. (2012). Effects of Magnetic Field on Fuel Consumption and Exhaust Emissions in Two-Stroke Engine. *Energy Procedia*, 18(1), 327–338.
- Fatih, F. A. E., & Saber, G. (2010). Effect of Fuel Magnetism on Engine Performance and Emissions. *Australian Journal Of Basic And Applied Sciences*, 4(12), 6354–6358.
- Jiang, L., Xiao, G., Long, W., Dong, D., Wei, F., Cao, J., Wang, Y., & Tian, H. (2024). Effects of Split Injection Strategy on Combustion Characteristics and NOx Emissions Performance in Dual-Fuel Marine Engine. *Applied Thermal Engineering*, 248(1), 123–153.
- Muhith, A., Harly, M., & Sumarli. (2020). Pengaruh Kendali ECU EFI Saat Pengapian pada Berbagai Oktan Number terhadap Emisi Gas Buang Sepeda Motor 125 cc. *Jurnal Teknik Otomotif Kajian Keilmuan Dan Pengajaran*, 4(2), 33–44.
- Patel, P. M., Rathod, G., & Patel, T. (2014). Effect Of Magnetic Fuel Energizer on Single Cylinder C.I. Engine Performance and Emissions. *Journal Mechanical & Automobile Engineering*, 1(1), 1–5.
- Pranoto, A. (2016). Pengembangan Penghemat Bahan Bakar Ionisasi Bermagnet Sebagai Upaya Peningkatan Daya Mesin, Mengurangi Konsumsi Bahan Bakar, dan Emisi Gas Buang pada Sepeda Motor. Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Sains & Teknologi (SNAST), 1(1), 400–406.
- Sudarsono. (2005). Analisis Pemakaian Fuel Ionizer terhadap Unjuk Kerja dan Gas Buang pada Motor Bensin. *Jurnal Teknologi Academia Ista*, 10(2), 80–90.
- Suparyanto, Karno MW, & Basori. (2013). Analisis Penggunaan X-Power dan Variasi Campuran Bahan Bakar Premium-Etanol terhadap Kadar Gas Polutan CO dan HC pada Sepeda Motor Supra X 125 Tahun 2009. *Jurnal Nosel*, 1(3), 1–8.
- Surbakti, A., & Immanuel. (2021). Studi Eksperimental Pengaruh Perubahan Ignition Timing terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin 1800 cc Berbahan Bakar Pertamax dan Premium. *Jurnal Ilmiah Core It*, 6(1), 35–39.
- Tenaya, I. G., & Hardiana, M. (2011). Pengaruh Air Fuel Ratio terhadap Emisi Gas Buang Berbahan Bakar LPG pada Ruang Bakar Model Helle-Shaw Cell. *Jurnal Ilmiah Teknik Mesin*, 5(1), 39–45.
- Winoko, Y., Santoso, & Khambali. (2020). Pengaruh Suhu Bahan Bakar terhadap Emisi Gas Buang pada Mesin Bensin 1800 cc.

- Jurnal Teknik: Ilmu Dan Aplikasi*, 9(2), 4–7.
- Yusuf, N., & Sutrisno, D. (2018). Analisis Pengaruh Suhu Mesin Terhadap Emisi Gas Buang pada Kondisi Torsi dan Daya Maksimum Studi Kasus: Sepeda Motor Yamaha Vega ZR. *Rang Teknik Journal*, 1(2), 235–239.
- Zareei, J., & Kakaee, A. H. (2013). Study and The Effects of Ignition Timing on Gasoline Engine Performance and Emissions. *European Transport Research Review*, 5(2), 109–116.
- Zehni, A., Khoshbakhti Saray, R., & Poorghasemi, K. (2017). Numerical Comparison of PCCI Combustion and Emission of Diesel and Biodiesel Fuels at Low Load Conditions using 3D-CFD Models Coupled with Chemical Kinetics. *Applied Thermal Engineering*, 110, 1483–1499.